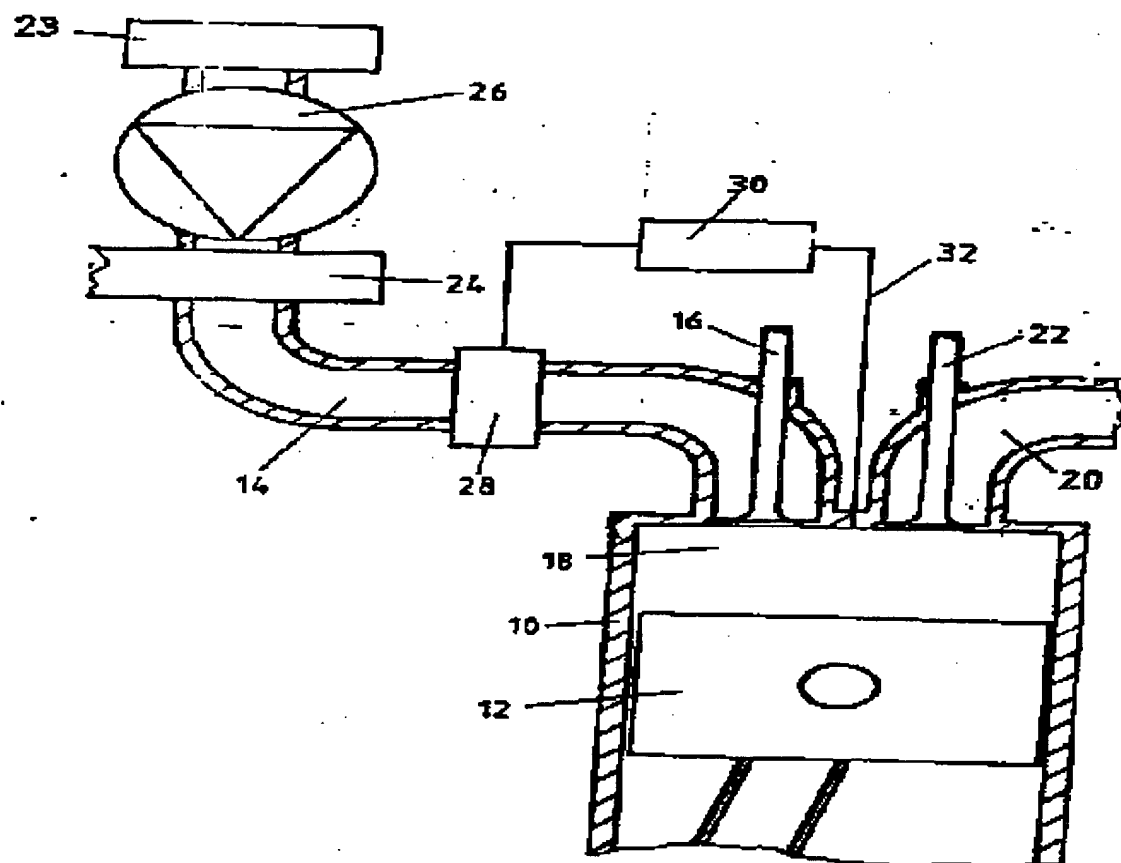


AN: PAT 1993-198121  
TI: Method of supplying air into combustion chamber of piston engine uses obstruction of air supply to generate extra piston work, which converts to heat  
PN: **DE4141482-A1**  
PD: 17.06.1993  
AB: The method supplies air into the combustion chamber in two phases. Towards the end of the first phase, the air supply may be obstructed. At the beginning of the second phase, which ends with the compression of the charge by the associated piston, the obstruction is ended. Commencement, end, size of obstruction, and end of air supply, are matched. As a result, the piston action for the work required to fill the combustion chamber with the required air volume, corresponds additionally to the energy required for a rise in temperature. The obstruction takes place upstream of the intake valve, by variable valve control.; Efficient heating of contents and walls of combustion chamber to high temperatures.  
PA: (SCHA/) SCHATZ O;  
IN: SCHATZ O;  
FA: **DE4141482-A1** 17.06.1993; DE59206305-G 20.06.1996;  
EP547566-A1 23.06.1993; US5353763-A 11.10.1994;  
EP547566-B1 15.05.1996;  
CO: DE; EP; ES; FR; GB; IT; US;  
DR: DE; ES; FR; GB; IT;  
IC: F01L-001/00; F02B-027/00; F02B-029/08; F02B-033/44;  
F02D-009/02; F02D-011/02; F02D-023/00; F02D-041/14;  
F02D-041/28; F02P-005/10;  
DC: Q51; Q52; Q54;  
FN: 1993198121.gif  
PR: **DE4141482** 16.12.1991;  
FP: 17.06.1993  
UP: 20.06.1996

**THIS PAGE LEFT BLANK**



BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE LEFT BLANK



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 41 41 482 A 1**

⑳ Aktenzeichen: P 41 41 482.9  
㉑ Anmeldetag: 16. 12. 91  
㉒ Offenlegungstag: 17. 6. 93

㉓ Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**F 02 B 27/00**  
F 02 B 29/08  
F 02 D 9/02  
F 02 D 23/00  
F 02 D 11/02  
F 02 D 41/14  
F 02 D 41/28  
F 01 L 1/00  
F 02 P 5/10  
// F02N 17/02

DE 41 41 482 A 1

㉔ Anmelder:  
Schatz, Oskar, Dr.-Ing., 8035 Gauting, DE  
  
㉕ Vertreter:  
Lamprecht, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

㉖ Erfinder:  
gleich Anmelder

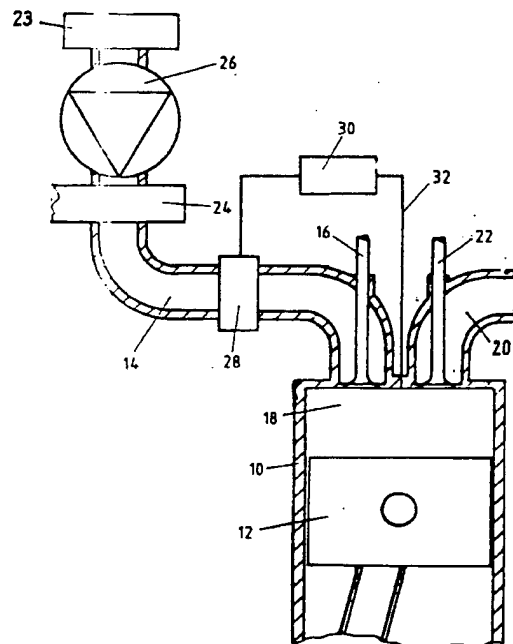
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉗ Verfahren zur Luftzufuhr in die Brennkammer eines Verbrennungsmotors der Kolbenbauart in zwei Phasen

㉘ Die Luftzufuhr in die Brennkammer (18) eines Verbrennungsmotors der Kolbenbauart ist in zwei Phasen aufgeteilt, wobei zumindest gegen Ende der ersten Phase die Luftzufuhr in die Brennkammer (18) behindert wird und wobei zumindest zu Beginn der zweiten Phase, die mit der einsetzenden Verdichtung der Ladung durch den der Brennkammer (18) zugeordneten Kolben (12) endet, die Behinderung der Luftzufuhr aufgehoben wird. Dabei wird

- das Ausmaß der Behinderung,
- der Beginn der Behinderung,
- das Ende der Behinderung und
- das Ende der Luftzufuhr

so aufeinander abgestimmt, daß die sich ergebende Kolbenarbeit der zur Füllung der Brennkammer (18) mit der gewünschten Luftmenge erforderlichen Förderarbeit zuzüglich der zu einer gegebenenfalls gewünschten Temperaturerhöhung in der Brennkammer (18) erforderlichen Energie entspricht.



DE 41 41 482 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Luftzufuhr in die Brennkammer eines Verbrennungsmotors der Kolbenbauart in zwei Phasen, wobei zumindest gegen Ende der ersten Phase die Luftzufuhr in die Brennkammer behinderbar ist und wobei zumindest zu Beginn der zweiten Phase, die mit der einsetzenden Verdichtung der Ladung durch den der Brennkammer zugeordneten Kolben endet, die Behinderung der Luftzufuhr aufgehoben wird.

Bei Verbrennungsmotoren ist es bekannt, beim Kaltstart und bei anderen Betriebszuständen mit Temperaturdefizit die Temperatur im Brennraum zu erhöhen, um u. a. eine frühzeitige Zündung des Motors und eine Senkung der Emissions- und Verbrauchswerte zu erreichen.

Eine bekannte Maßnahme stellt die Brennluftheizung dar, bei der die Brennluft in einem Wärmetauscher aufgeheizt wird, bevor sie in den Motorzylinder einströmt. Auf dem von der aufgeheizten Luft bis in den Zylinder zurückgelegten Weg geht viel Wärme verloren. Bei der Aufheizung dehnt sich die Luft aus, d. h. die Luftmenge im Motor ist umso geringer, je größer die Aufheizung ist, so daß z. B. beim Dieselmotor das erforderliche Drehmoment nicht abgegeben werden kann und Probleme beim Kaltstart und Warmlauf entstehen. Wegen der langen Wege spricht diese Heizung relativ spät an. Da im CVS-Test die Hauptemission wegen einer zu diesem Zeitpunkt vorgesehenen Lastspitze bereits nach 20 sec auftritt, wird die beschriebene Art der Brennluftheizung zu spät wirksam und müßte während dieser Lastspitze bei vielen Motoren abgeschaltet werden, um eine ausreichende Lustmenge fördern zu können. Außerdem weist die Brennluftheizung einen relativ hohen Energiebedarf auf.

Es ist deshalb erwünscht, die zur abgasarmen und wirtschaftlichen Verbrennung in der Brennkammer erforderlichen Temperaturen im Bedarfszeitpunkt in der Brennkammer selbst zu erzeugen, d. h. die Begrenzungsfläche der Brennkammer und die Luft bzw. das Kraftstoff-Luft-Gemisch zu Beginn der Verdichtung durch den Kolben auf eine möglichst hohe Temperatur zu bringen und außerdem sicherzustellen, daß bei Lastspitzen ausreichende Luftmengen gefördert werden.

Es ist an sich schon bekannt, durch eine mechanische Impulsladung, wie sie in der DE-OS 38 24 133.1 beschrieben ist, unmittelbar vor der motorischen Verdichtung in der Brennkammer Wärme zu erzeugen, wobei dort allerdings auch das Saugrohr aufgeheizt wird und diese Aufheizung mit einer hohen Verdichtung der Ladeluft, d. h. mit einem hohen Luftdurchsatz verknüpft ist.

Für einen Betrieb des Motors mit hohen Lufttemperaturen bei allen Betriebszuständen mit Wärmedefizit, insbesondere auch bei niedrigem Luftbedarf, z. B. beim Leerlauf von Ottomotoren, ist diese bekannte Verfahrensweise nicht geeignet.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, ein Verfahren zu schaffen, durch das im Bedarfsfall auf wirtschaftliche Weise bei allen Betriebszuständen und sowohl bei niedrigem, wie auch bei hohem Luftbedarf eine kurzfristig wirksame, effiziente Aufheizung des Inhalts und der Begrenzungsflächen der Brennkammer auf möglichst hohe Temperaturen ermöglicht wird.

Zur Lösung der Aufgabe geht die Erfindung aus von dem eingangs beschriebenen Verfahren zur dynamischen Aufladung. Aufgrund der Behinderung der Luftzufuhr in der ersten Phase wird von dem seinen Saughub ausführenden Kolben durch Mehrarbeit ein Unter-

druck erzeugt, durch den nach dem Ende der Behinderung in der zweiten Phase Luft mit hoher Geschwindigkeit in die Brennkammer gesaugt wird, deren kinetische Energie sich in Druck und damit in Verdichtung umwandelt. Die damit verbundene Temperaturerhöhung, die im Idealfall derjenigen bei adiabater Verdichtung entspricht, ist an sich unerwünscht. Die Kühlung der Ladeluft ist bei der dynamischen Aufladung anders als bei konventionellen Aufladeverfahren nicht möglich.

Die aus der kinetischen Energie zu gewinnende Wärme wird direkt in der Brennkammer erzeugt. Sie kann auch bei geringem Luftbedarf durch eine entsprechend hohe Einströmgeschwindigkeit der Luft in der zweiten Phase gewonnen werden. Sie eignet sich somit besonders vorteilhaft zur Lösung der gestellten Aufgabe.

Diese Lösung besteht ausgehend von dem eingangs beschriebenen Verfahren darin, daß

- das Ausmaß der Behinderung,
- der Beginn der Behinderung,
- das Ende der Behinderung und
- das Ende der Luftzufuhr

so aufeinander abgestimmt sind, daß die sich ergebende Kolbenarbeit der zur Füllung der Brennkammer mit der gewünschten Luftmenge erforderlichen Förderarbeit zuzüglich der zu einer gewünschten Temperaturerhöhung erforderlichen Energie entspricht.

Die Abstimmung wird bei Wärmebedarf so getroffen, daß die sich in der zweiten Phase in kinetische Energie der einströmenden Luft verwandelnde Kolbenarbeit den für eine eventuelle Verdichtung erforderlichen Betrag wesentlich übersteigt, so daß sich die Differenz in Wärme umwandelt. Es ist dabei eine Temperatursteigerung um mindestens 200°C bei gleichzeitiger Erhöhung des Luftdurchsatzes möglich, was wirtschaftlich durch kein bekanntes Verfahren erreichbar ist. Dabei stellt sich die Dichte bzw. die insgesamt einströmende Luftmenge nicht wie bei dem eingangs erwähnten, bekannten Ladeverfahren aufgrund der kinetischen Energie automatisch ein, vielmehr wird die Luftmenge willkürlich durch die Wahl der Einströmdauer auf das gewünschte, der augenblicklichen Belastung des Motors angepaßte Maß begrenzt, so daß sich die Überschußenergie in Wärme verwandeln muß. Dadurch ist die Regelung der Temperaturerhöhung unabhängig von der Luftmenge, wobei die Luftmenge auch niedriger sein kann als sich bei unbehinderter Einströmung ergeben würde.

Beim Kaltstart ergibt sich eine durch die hohe Lufterwärmung ausgelöste positive Rückkopplung zwischen der Wandtemperatur der Brennkammer während des Verdichtungshubs und der vom Kolben aufzubringenden Verdichtungsarbeit. Eine hohe Wandtemperatur bewirkt eine hohe Verdichtungsarbeit, diese bewirkt höhere Brennkammertemperaturen und diese wieder höhere Wandtemperaturen für das nächste Arbeitsspiel. Dadurch wird eine frühzeitige Zündung garantiert, der elektrische Stromverbrauch des Anlassermotors wird minimiert und die Aufheizung der Brennkammer wird von Zündung zu Zündung exponential beschleunigt.

Durch Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Magerbetrieb vom Start weg ermöglicht.

Es sind heute drei Betriebsarten von Verbrennungsmotoren bekannt, welche sowohl Vergasermotoren als auch Motoren mit Kraftstoffeinspritzung umfassen, nämlich Betrieb ohne Abgaskatalysator, Betrieb mit ungeregeltem Abgaskatalysator und Betrieb mit geregelter Abgaskatalysator.

Beim Betrieb mit geregelterm Abgaskatalysator ist außer der Verwendung eines Vergasers oder einer Kraftstoffeinspritzung mit Luftmengenmesser eine Sauerstoffsonde im Abgasstrom erforderlich, die das augenblickliche Luft-Kraftstoff-Verhältnis mit großer Präzision anzeigt und dadurch die genaue Regelung des dem augenblicklichen Betriebszustand entsprechenden optimalen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses ermöglicht.

Beim Betrieb mit geregelterm Abgaskatalysator ist der Vergaser oder Luftmengenmesser lediglich erforderlich, um einen Betrieb des Motors im kalten Zustand zu ermöglichen, bei dem ein Luftüberschuß im Abgas noch nicht zur Verfügung steht, weil in diesem Betriebszustand mit Kraftstoffüberschuß gefahren werden muß. Wegen des vom Start weg möglichen Magerbetriebs kann bei allen drei vorstehend genannten Betriebsarten auf Vergaser bzw. Luftmengenmesser verzichtet werden.

Durch die hohe Luftgeschwindigkeit und -temperatur ergibt sich eine besonders gute Brennstoffaufbereitung. Insbesondere eignet sich das Verfahren auch für die Anwendung alternativer Kraftstoffe, vor allem auch solcher mit hoher Verdampfungswärme, wie Alkohole.

Bei Ottomotoren ist generell der Vorteil wichtig, daß die erste Lastspitze im CVS-Test nach 2 sec Motorbetrieb trotz Erhaltung der vollen Leistungsfähigkeit des Motors mit hoher Lufterwärmung gefahren werden kann.

Bei Dieselmotoren ist neben der Verbesserung der Kaltstartfähigkeit besonders wichtig, daß beim Warmlauf wegen der durch die Temperaturerhöhung bedingten besseren Verbrennung und der möglichen höheren Luftmenge das Drehmoment des Motors wesentlich steigt. Dadurch wird ein wesentlicher Nachteil des Dieselmotors behoben, der Motor ist drehfreudiger und die Fahrweise kann dem vom Ottomotor vorgegebenen Standard angepaßt werden. Hierdurch wird die Kundenakzeptanz steigen, was wegen des niedrigen Kraftstoffverbrauchs volkswirtschaftlich bedeutsam ist.

Bei Anwendung des Verfahrens kann die Motorverdichtung bei Otto- und Dieselmotoren reduziert werden und es wird bei Otto- und Dieselmotoren ein Betrieb mit effektiver, variabler Verdichtung möglich. Dadurch kann der Kraftstoffverbrauch optimiert werden.

Solange Wärmebedarf besteht, wird die Abstimmung so getroffen, daß die Kolbenarbeit nicht nur die gewünschte Luftmenge fördert, sondern daß ein Überschuß an kinetischer Energie vorhanden ist, der sich in Wärme umwandelt. Mit zunehmender Annäherung an die Betriebstemperatur wird die Abstimmung so geändert, daß die Freisetzung von Wärme über das für die Verdichtung erforderliche Maß abnimmt und schließlich beendet wird. Die der Durchführung des Verfahrens dienenden Einrichtungen können bei Bedarf auch zur Änderung der Verdichtung bzw. zur dynamischen Aufladung eingesetzt werden.

Die Unterdruckerarbeit wird beim Start zunächst von der den Anlassermotor und über diesen den Verbrennungsmotor treibenden elektrischen Batterie aufgebracht. Nach der Zündung des Verbrennungsmotors bringt dieser die sog. Ladungswechselerarbeit selbst auf. Unter Berücksichtigung der durch das erfindungsgemäße Verfahren verbesserten Kaltstartfähigkeit des Verbrennungsmotors ist die von der elektrischen Batterie aufzubringende Arbeit geringer als bei konventionellen Startverfahren, weil die höhere Initialleistung durch Verkürzung der Einschaltdauer mehr als kompensiert wird. Außerdem kann der erfindungsgemäße Betrieb

bei leistungsschwacher elektrischer Batterie auch verzögert, nämlich nach Zündbeginn einsetzen.

Durch die bereits beim ersten Saughub wirkende höhere Temperatur der Luft werden die Wände der Brennkammer von innen aufgeheizt, der Polytropenexponent bei der anschließenden Motorverdichtung steigt und damit die Temperaturerhöhung durch die Motorverdichtung. Außerdem beginnt die Motorverdichtung auf einem höheren Temperaturniveau.

Die eingangs bereits erwähnten, bekannten Verfahren der Wärmezufuhr z. B. durch Brennluftheizung oder der Impulsladung weisen beide eine für die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe unerwünschte Wirkung auf, nämlich eine Koppelung zwischen Temperaturerhöhung und Luftmengenerhöhung. Bei der Brennluftheizung mit der Zielrichtung Temperaturerhöhung nimmt mit der Temperaturerhöhung die in die Brennkammer eingebrachte Luftmenge ab. Bei der Impulsladung mit der Zielrichtung Luftmengensteigerung nimmt mit der Luftmengensteigerung auch die Temperatur zu. Demgegenüber hat das erfindungsgemäße Verfahren den Vorteil, daß eine Entkoppelung von Luftmengenänderung und Temperaturänderung besteht und daß im Vergleich zum unbehinderten Einströmen der Luft die Luftmenge sowohl erhöht als auch abgesenkt werden kann.

Durch die höhere Temperatur während der Verdichtung wird die Verdampfung des Kraftstoffs beschleunigt und seine Zündwilligkeit mit der Luft erhöht. Die hohen Einströmgeschwindigkeiten während der zweiten Phase bewirken eine gute Vermischung des Kraftstoffs mit der Luft, sowie eine gute Verwirbelung während der Verdichtung und Verbrennung. Es ist deshalb bei Ottomotoren eine bevorzugte Ausführungsform, daß der Kraftstoff in den in der zweiten Phase in die Brennkammer einströmenden Luftstrahl eingespritzt wird, wodurch eine gute Zerstäubung und Verteilung des Kraftstoffs vor seinem Eintritt in die Brennkammer erfolgt und die Gefahr der Benetzung der Saugrohrwände durch den Kraftstoffstrahl reduziert wird.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung besteht bei Ottomotoren darin, daß die Behinderung der Luftzufuhr stromauf vom Einlaßventil der Brennkammer erfolgt, wodurch die Saugrohrwände unmittelbar vor der Brennkammer erwärmt werden und dort auftreffender Kraftstoff alsbald abdampft, wodurch die HC-Emissionen reduziert werden.

Eine weitere zweckmäßige Ausgestaltung besteht darin, daß beim Kaltstart die Behinderung der Luftzufuhr um mindestens ein Zündspiel verzögert wird. Dadurch wird die elektrische Leistungsspitze reduziert.

Eine andere vorteilhafte Ausgestaltung ist es, daß beim Kaltstart die Kraftstoffeinspritzung um mindestens ein Zündspiel verzögert wird, um Zündaussetzern vorzubeugen, die hohe Emissionsspitzen verursachen.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt die Regelung von Ausmaß und Phasenlage der Behinderung und des Endes der Luftzufuhr in Abhängigkeit von Drehzahl, Betriebstemperatur und Lastzustand des Motors. Nach dem heutigen Stand der Meß- und Regeltechnik kann eine solche Regelung unter Einschaltung eines Rechners erfolgen. Man wird bei der Regelstrategie eines nach dem erfindungsgemäßen Verfahren betriebenen Motors vorteilhaft Luftmenge und Lufttemperatur differenziert betrachten. Die Luftmenge wird von der augenblicklichen Lastsituation des Motors vorgegeben, während die Lufttemperaturregelung sich hauptsächlich an der sog. Betriebstemperatur orientiert.

ren muß, die eine vom Stand der Technik noch nicht voll gewürdigte Führungsgröße darstellt. In Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren muß die Lufttemperaturreglung insbesondere auf die Beseitigung der Kaltstartprobleme bzw. auf Motorsituationen mit Wärmedefizit abgestimmt sein.

Man kann bei der Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens für jedes Zündspiel Luftmenge und Lufttemperatur vorgeben und hieraus Ausmaß und Phasenlage der Behinderung und das Ende der Luftzufuhr ermitteln. Dies gilt sinngemäß auch bei der Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens auf den Betrieb von Dieselmotoren, weil das erfindungsgemäße Verfahren eine Korrektur der Luftmenge nach unten und oben ermöglicht, so daß der Motor stets bei einem optimalen Mengenverhältnis Luft/Kraftstoff betrieben werden kann.

Aus Gesamtmenge und gewünschter Temperaturerhöhung der Luft wird die erforderliche Energie ermittelt, die sowohl der kinetischen Energie als auch der Unterdruckenergie entspricht. Dann wird die mindestens erforderliche zweite Luftmenge ermittelt, die in der zweiten Phase einströmen muß, wobei gegebenenfalls die kritische Einströmgeschwindigkeit das Höchstmaß an massenspezifischer kinetischer Energie bestimmt. Dann wird aus den verfügbaren Strömungsquerschnitten die Mindestdauer für die Einströmung dieser Luftmenge ermittelt, wodurch der späteste Zeitpunkt für den Einströmbeginn in der zweiten Phase festliegt. In einem folgenden Iterationsprozeß muß dann festgestellt werden, ob mit den zuvor gemachten Annahmen für den Einströmbeginn und eine etwaige Massenaufteilung die erforderliche Unterdruckerarbeit realisierbar ist, und die Parameter werden optimiert.

Da bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens vom Start weg ein Magerbetrieb des Motors möglich ist, besteht eine vorteilhafte Ausgestaltung darin, daß die Motorregelung — worunter hier und in dieser Beschreibung insgesamt die Regelung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses verstanden wird — als Magerregelung mit Hilfe einer im Abgasstrom angeordneten Sauerstoffsonde erfolgt. Die Sauerstoffsonde ermittelt den Luftüberschuß und hält ihn z. B. bei 20%. Dadurch kann der aufwendige Luftmengenmesser oder Vergaser entfallen.

Zwar entfällt aufgrund der sofortigen Anhebung der Brennkammertemperatur auf einen für den Magerbetrieb geeigneten Wert die übliche Warmlaufphase, doch läßt sich eine — wenn auch geringe — Verzögerung bis zum Wirksamwerden der Sauerstoffsonde im Abgasstrom kaum vermeiden.

Es besteht deshalb eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung darin, daß für die Startphase das Luft-Kraftstoffverhältnis aufgrund von Erfahrungswerten und allgemeiner Daten über den Luftdurchsatz eingestellt ist.

Eine andere vorteilhafte Ausführungsform besteht darin, daß die Sauerstoffsonde vor dem Start vorgeheizt wird.

Eine andere vorteilhafte Ausführungsform ist es bei Motoren mit zeitweilig sehr hohem Luftbedarf, daß dem mit einer Einrichtung zur zeitweiligen Behinderung der Luftzufuhr versehenen Bereich des Lufteinlaßsystems bei hohem Luftbedarf ein Lader vorgeschaltet wird.

Noch eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung besteht darin, daß der Luftmengenstrom vor der Einrichtung zur zeitweiligen Behinderung der Luftzufuhr in Abhängigkeit vom Betriebszustand des Motors beeinflusst wird. Damit kann der Bereich ausgeweitet werden, in

dem Temperatur und Luftdurchsatz unabhängig voneinander geregelt werden können. Beispielsweise kann im Leerlauf ohne Erhöhung des Luftdurchsatzes die Temperatur in der Brennkammer angehoben werden.

Noch eine andere zweckmäßige Ausgestaltung ist es, daß bei Kraftfahrzeugmotoren die Kraftstoffmenge durch das Fahrpedal beeinflusst wird und das Luft-Kraftstoff-Verhältnis aufgrund der allgemeinen Betriebsdaten vorgegeben wird und durch die Messung des Sauerstoffüberschusses im Abgas durch die Sauerstoffsonde geregelt wird.

Anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels eines zur Durchführung der Erfindung geeigneten Motorzylinders wird die Erfindung näher erläutert.

Die Zeichnung zeigt schematisch den Ein- und Auslaßbereich eines Verbrennungsmotors der Kolbenbauart mit einem stromauf vom Einlaßventil angeordneten Zusatzventil und einem Lader.

In der Zeichnung ist nur ein Zylinder 10 eines Verbrennungsmotors dargestellt, der einen Motorkolben 12 enthält. Ein Einlaßkanal 14 mündet über ein Einlaßventil 16 in die Brennkammer 18 innerhalb des Zylinders 10. Eine Abgasleitung 20 ist über ein Auslaßventil 22 angeschlossen.

Der Einlaßkanal wird über einen Luftfilter 23 und einen Luftverteiler 24 mit Luft versorgt, die vom Kolben 12 nach Öffnung des Einlaßventils 16 angesaugt wird. Alternativ kann dem Luftfilter 23 eine Ladevorrichtung 26 zur Verdichtung der Ladung nachgeschaltet sein. Gegebenenfalls kann in die über den Luftfilter 23 eingeströmte Luft auch Kraftstoff eingebracht werden, so daß über das Einlaßventil 16 statt Luft ein Kraftstoff-Luft-Gemisch in den Verbrennungsraum eingebracht wird.

Stromauf vom Einlaßventil 16 ist im Einlaßkanal 14 ein Zusatzventil 28 angeordnet, das geeignet ist, den Einlaßkanal 14 ganz oder teilweise zu sperren. Diesem Zusatzventil 28 ist eine Steuereinheit zugeordnet, die nur schematisch dargestellt und mit 30 bezeichnet ist. Sie erhält über eine Leitung 32 Informationen über den Betriebszustand des Motors und gegebenenfalls, z. B. abgeleitet vom Fahrpedal, Informationen über den Fahrwunsch des Fahrers eines mit dem Motor ausgestatteten Kraftfahrzeugs.

Mit Hilfe des Zusatzventils 28 läßt sich die Luftzufuhr in zwei Phasen unterteilen.

Im Ruhezustand ist das Zusatzventil 28 beispielsweise geöffnet, so daß Ladung in den Zylinder 10 eintreten kann. Abhängig von den der Steuereinheit 30 zugeleiteten Daten wird das Zusatzventil 28 gegebenenfalls zeitweilig geschlossen und beendet dadurch eine etwaige Luftzufuhr in die Brennkammer 18 in einer ersten Phase. Diese Luftzufuhr in der ersten Phase kann aber auch vollständig unterbleiben oder es kann die Luftzufuhr während der ersten Phase durch das Zusatzventil 28 gedrosselt sein.

Während der Schließphase oder Drosselphase des Zusatzventils 28 wird der Druck in der Brennkammer 18 durch die Kolbenarbeit abgesenkt. Diese Druckabsenkung in der Brennkammer 18 verursacht eine gegenüber der Strömungsgeschwindigkeit der Ladung vor der Schließphase des Zusatzventils 28 erhöhte Geschwindigkeit der nach Öffnung des Zusatzventils 28 in einer zweiten Phase in die Brennkammer 18 einströmenden Ladung, deren kinetische Energie sich beim Abbremsen des Ladungsstroms in Druck und damit in Verdichtung umwandelt. Dabei entsteht unmittelbar in der Brenn-



kammer 18 Wärme. Durch entsprechende Bemessung der Schließdauer und Phasenlage des Zusatzventils 28 wird der Überschuß an kinetischer Energie bestimmt, der durch Umwandlung in Wärme die Temperatur im Brennraum auf das gewünschte Niveau anhebt.

Um unabhängig von der gewünschten Temperaturerhöhung den Luftdurchsatz entsprechend dem augenblicklichen Bedarf des Motors zu bemessen, wird die Einströmdauer während der zweiten Phase beeinflusst und gegebenenfalls durch erneutes Schließen des Zusatzventils 28 vor dem Schließen des Einlaßventils 16 beendet. Hierbei wird gegebenenfalls eine in der ersten Phase eingeströmte Luftmenge berücksichtigt.

Da sich vom Start weg die Brennkammertemperatur auf einem Niveau halten läßt, das einen Magerbetrieb ermöglicht, kann der übliche Luftmengenmesser oder Vergaser zur Regelung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses entfallen und die Regelung in Abhängigkeit vom Meßergebnis der kostengünstigeren Sauerstoffsonde erfolgen. Dadurch ergibt sich nicht nur eine Kostensenkung des Systems zumindest beim Betrieb mit regelmäßigem Abgaskatalysator, sondern bei allen drei oben genannten Betriebsarten auch eine Reduzierung der Abgasemissionen beim Kaltstart und während des Warmlaufs, sowie eine entsprechende Einsparung im Kraftstoffverbrauch.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Luftzufuhr in die Brennkammer eines Verbrennungsmotors der Kolbenbauart in zwei Phasen, wobei zumindest gegen Ende der ersten Phase die Luftzufuhr in die Brennkammer behinderbar ist und wobei zumindest zu Beginn der zweiten Phase, die mit der einsetzenden Verdichtung der Ladung durch den der Brennkammer zugeordneten Kolben endet, die Behinderung der Luftzufuhr aufgehoben wird, **dadurch gekennzeichnet, daß**

- das Ausmaß der Behinderung,
- der Beginn der Behinderung,
- das Ende der Behinderung und
- das Ende der Luftzufuhr

so aufeinander abgestimmt sind, daß die sich ergebende Kolbenarbeit der zur Füllung der Brennkammer mit der gewünschten Luftmenge erforderlichen Förderarbeit zuzüglich der zu einer gewünschten Temperaturerhöhung erforderlichen Energie entspricht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Behinderung der Luftzufuhr stromauf vom Einlaßventil der Brennkammer erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Beendigung der Luftzufuhr stromauf vom Einlaßventil der Brennkammer erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Behinderung der Luftzufuhr durch variable Einlaßventilsteuerung erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Beendigung der Luftzufuhr durch variable Einlaßventilsteuerung erfolgt.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß beim Kaltstart die Behinderung der Luftzufuhr um mindestens ein Zündspiel verzögert wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß beim Kalt-

start die Kraftstoffeinspritzung um mindestens ein Zündspiel verzögert wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung von Ausmaß und Phasenlage der Behinderung und des Endes der Luftzufuhr in Abhängigkeit von Betriebstemperatur, Drehzahl und Lastzustand des Motors erfolgt.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für jedes Zündspiel Luftmenge und Lufttemperaturerhöhung vorgegeben und hieraus Ausmaß und Phasenlage der Behinderung und das Ende der Luftzufuhr ermittelt werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die zur Förderung und Temperaturerhöhung der Gesamtluftmenge erforderliche Energie ermittelt wird, der die kinetische Energie bzw. die Unterdruckenergie entsprechen muß, daß dann die mindestens erforderliche zweite Teilmenge ermittelt wird, wobei die kritische Einströmgeschwindigkeit als Höchstmaß für die massenspezifische kinetische Energie berücksichtigt wird, daß dann ausgehend von den verfügbaren Strömungsquerschnitten die Mindestdauer für die Einströmung der zweiten Teilmenge ermittelt und dadurch der späteste Zeitpunkt für den Einströmbeginn dieser zweiten Teilmenge festgelegt wird, und daß in einem folgenden Iterationsprozeß die zunächst gewählten Werte für Einströmbeginn und eine eventuelle Massenaufteilung entsprechend der erforderliche Unterdruckarbeit optimiert werden.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses als Magerregelung mit Hilfe einer im Abgasstrom angeordneten Sauerstoffsonde erfolgt.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei Motoren mit zeitweilig sehr hohem Luftbedarf dem mit einer Einrichtung zur zeitweiligen Behinderung der Luftzufuhr versehenen Bereich des Luftereinlaßsystems bei hohem Luftbedarf ein Lader vorgeschaltet wird.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Luftmengenstrom vor der Einrichtung zur zeitweiligen Behinderung der Luftzufuhr in Abhängigkeit vom Betriebszustand des Motors geregelt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß für die Startphase das Luft-Kraftstoffverhältnis aufgrund von Erfahrungswerten und allgemeiner Daten über den Luftdurchsatz eingestellt ist.

15. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Sauerstoffsonde vor dem Start vorgeheizt wird die Sauerstoffsonde vor dem Start vorgeheizt wird.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei Kraftfahrzeugmotoren die Kraftstoffmenge durch das Fahrpedal beeinflusst wird und das Luft-Kraftstoff-Verhältnis aufgrund der allgemeinen Betriebsdaten vorgegeben wird und durch die Messung des Sauerstoffüberschusses im Abgas durch die Sauerstoffsonde geregelt wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

